

NIMSフォーラム 10:45~11:00

環境エネルギー材料のGREEN表界面計測技術

**GREEN Surface and Interface Analysis of Energy and Environment
Materials**

藤田大介 三石和貴 橋本綾子 野口秀典 増田卓也 石田暢之

ナノ材料科学環境拠点(GREEN)

国立研究開発法人物質・材料研究機構



Global
Research
Center for
GREEN
Environment
and Energy
based on
Nanomaterials
Science

ナノ材料科学環境拠点

Global Research Center for Environment and
Energy based on Nanomaterials Science



文部科学省
『ナノテクノロジーを活用した
環境技術の研究開発』
プログラム

平成21年度～平成30年度

NIMSは本プログラムに採択され
「ナノ材料科学環境拠点 (GREEN)」
設立

太陽光利用分野

コーディネーター
宮野 健次郎

- 太陽光発電
光電変換原理解明
高効率化と新材料開発
- 光触媒
利用可能な光の波長の拡大
量子効率の向上

特別推進チーム
ペロブスカイト太陽電池

研究グループ
光化学エネルギー変換

参画機関

北海道大学 八木 一三
名古屋大学 入山 恭寿
トヨタ自動車

計算分野

コーディネーター 大野 隆央
電子・原子ダイナミクス解析、電子移動、イオン拡散

研究グループ
グリーン計算科学、界面電子移動理論
電池新材料探索、電極触媒理論

太陽光から出発する
エネルギーフローの共通課題解決
計算と実験の連携・融合
界面現象の理解と制御

計測分野

コーディネーター 藤田 大介
表面・界面のその場解析、動作環境、固液界面

研究グループ
ナノ表界面計測、環境制御顕微鏡観察
材料界面動的観察、ナノ界面レーザー計測
イオンビーム応用解析、固液界面解析

電池分野

コーディネーター
魚崎 浩平

- 二次電池
高容量化
安全性確保（全固体化）
- 燃料電池
固体電解質、電極の高効率化
長寿命化

特別推進チーム
全固体電池
リチウム空気電池

研究グループ
ナノ構造制御電極触媒
固体酸化物形燃料電池材料設計
高分子電解質形燃料電池
界面制御電池材料創製
革新高分子電解質設計
電極触媒精密設計

GREEN 先端計測部門

多様な環境場制御、表界面*in situ*ナノ計測技術開発
環境エネルギー材料の機能発現メカニズムを解明



ナノ表界面計測
藤田 大介
石田 暢之
酒井 智香子

環境制御顕微鏡観察
橋本 綾子

材料界面動的観察
三石 和貴
Lei Dan

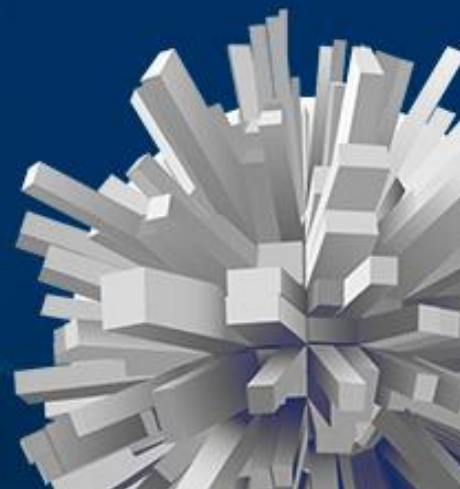
ナノ界面レーザー計測
野口 秀典
富田 健太郎

イオンビーム応用解析
加連 明也

固液界面解析
増田 卓也



次代をになう若手を育成



産官学が連携する研究拠点の形成



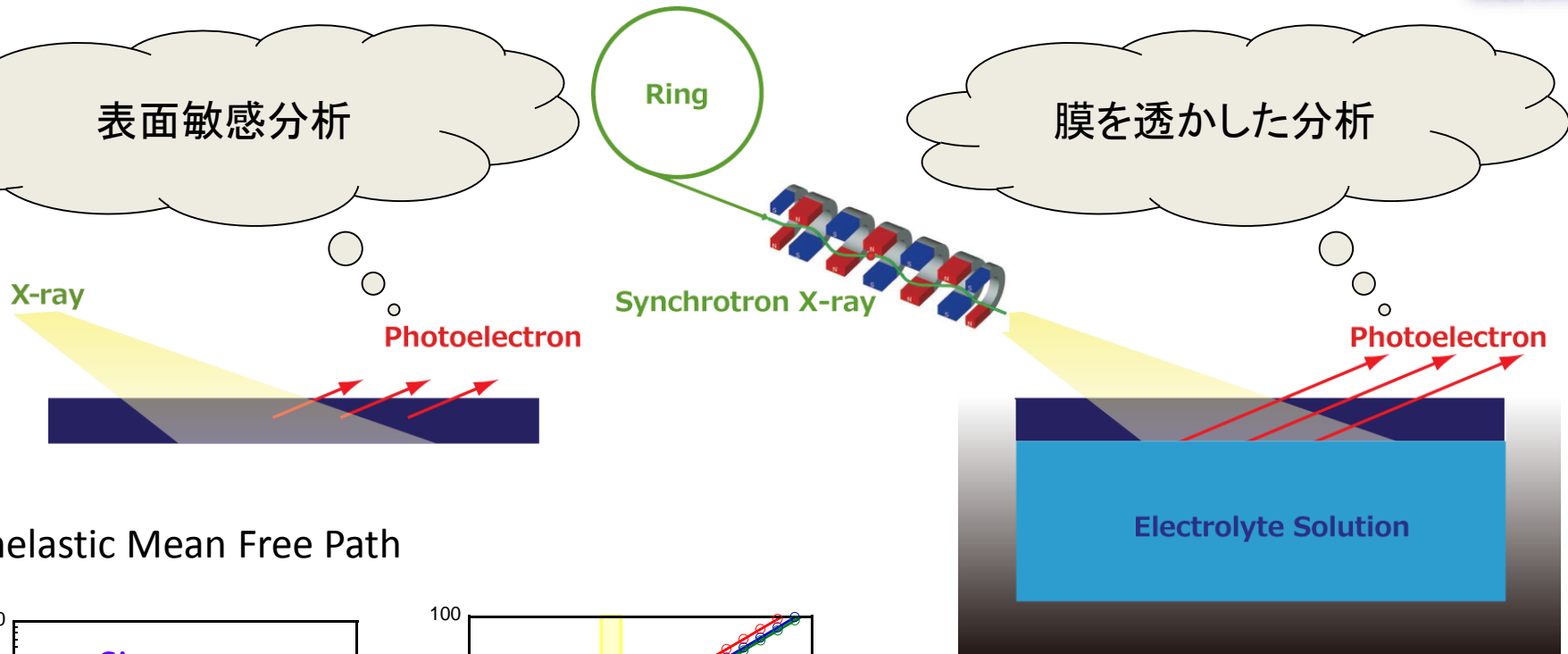
硬X線光電子分光の利用によるその場XPS測定

T. Masuda

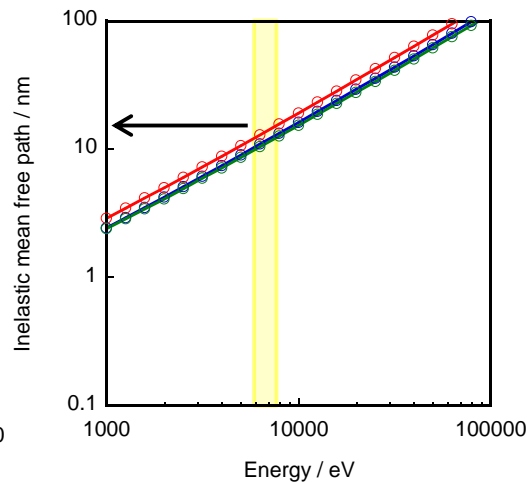
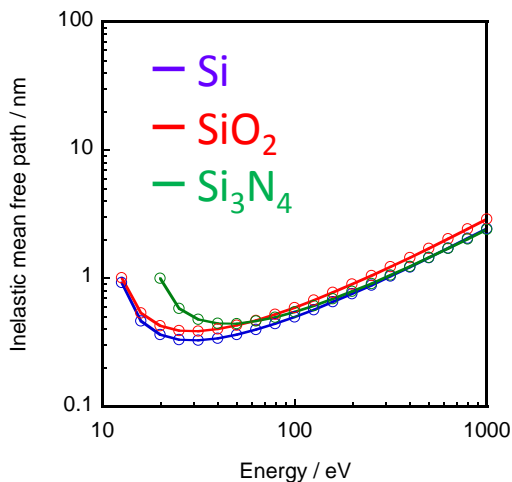


表面敏感分析

膜を透かした分析



Inelastic Mean Free Path



$$E_{\text{kin}} = h\nu - E_b - \phi$$

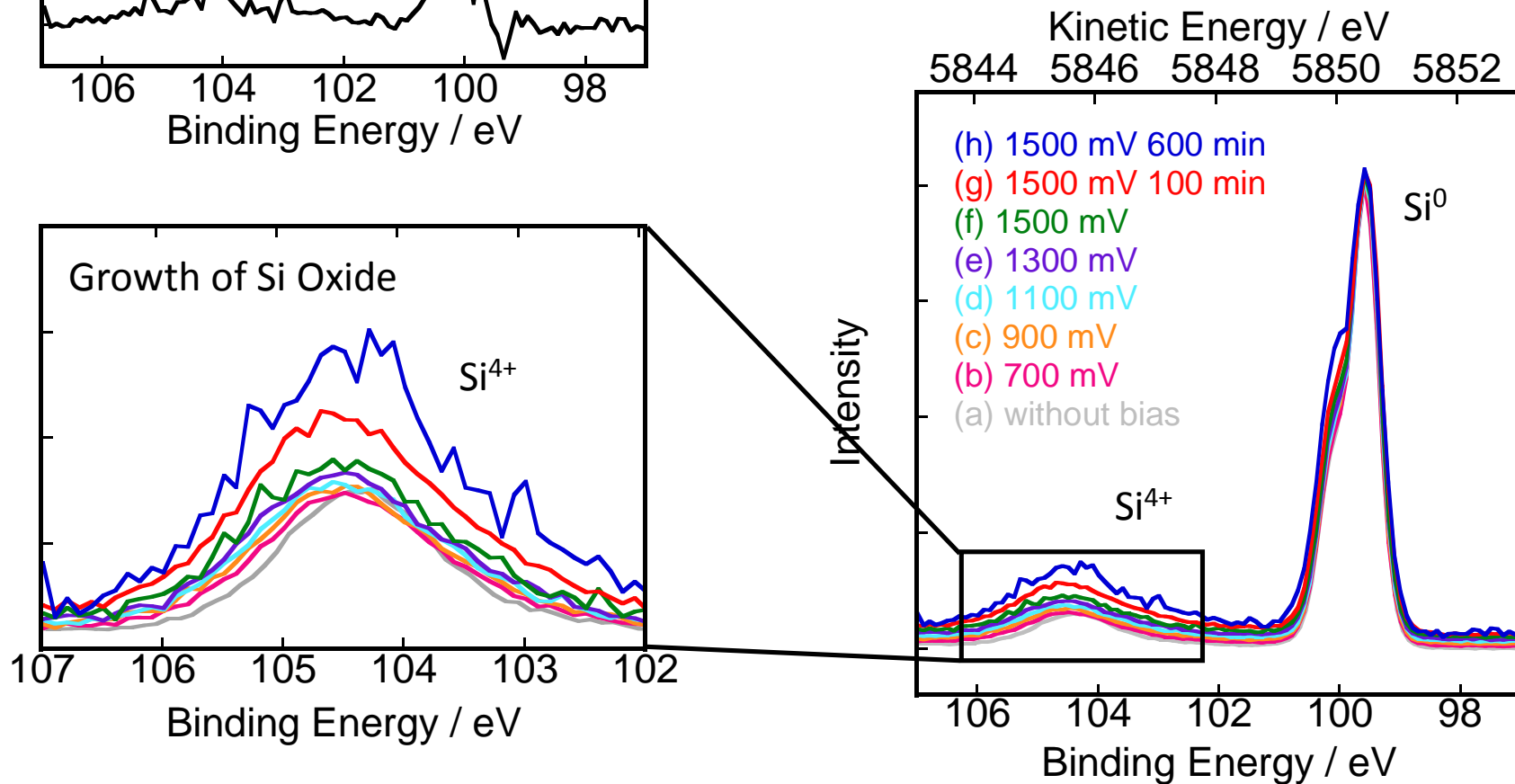
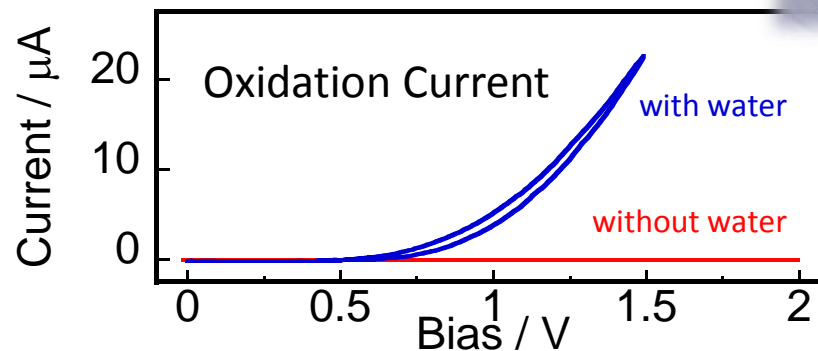
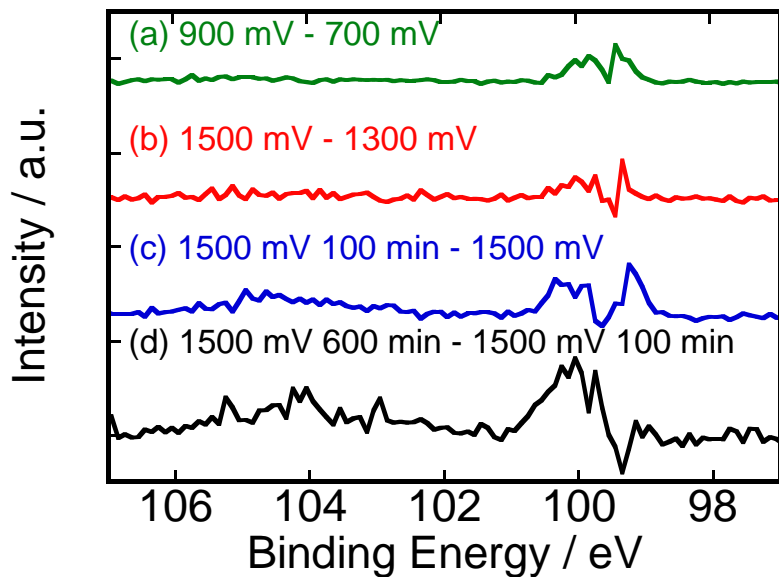
硬X線(高エネルギーX線)を照射

高運動エネルギー光電子が放出

その場電気化学XPSのデモンストレーション



T. Masuda

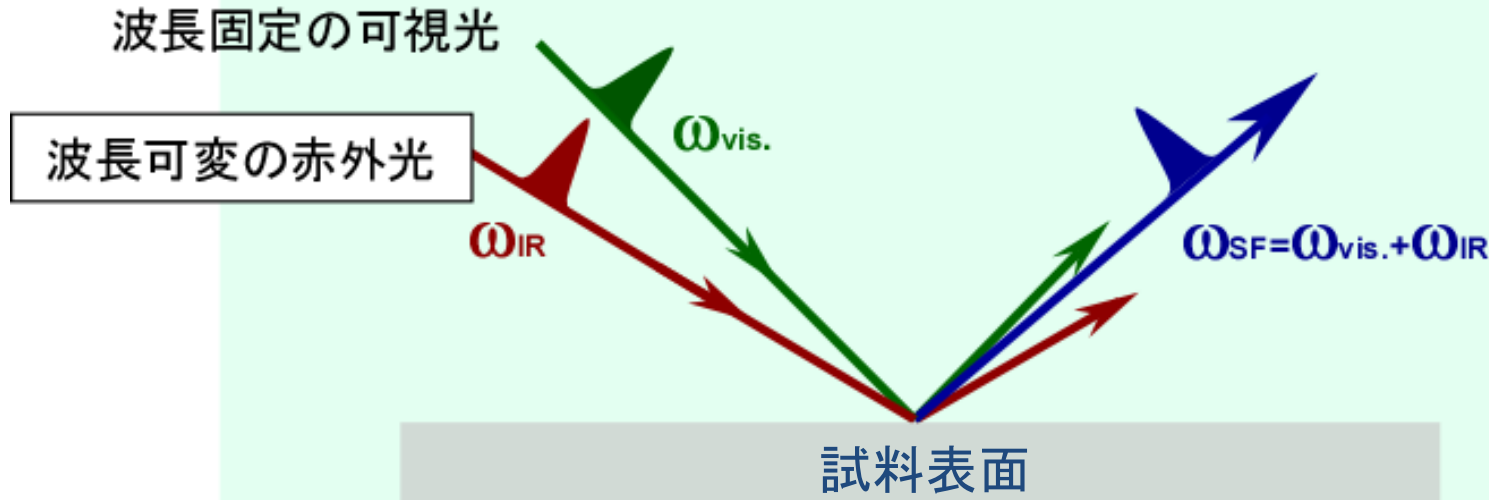


和周波発生分光法 (Sum Frequency Generation Spectroscopy)



H. Noguchi

$$P^{(2)}(\omega_{SF}=\omega_{vis.}+\omega_{IR}) = \chi^{(2)}:E(\omega_{vis.})E(\omega_{IR})$$



特徴 二次非線形光学効果分光法、反転対称性を持たない場でのみ和集波光が発生

- 反転対称性を持たない、表面・界面のみの情報が選択的に得られる
- 単分子レベルの高感度の測定が可能
- パルスレーザーを使用するので、レーザーのパルス幅で決まる高時間分解測定が可能
- 光が到達可能であれば、固／気、固／液、液／液、固／固界面の測定が可能

応用

- 触媒反応、電極反応、生体界面反応のリアルタイム追跡

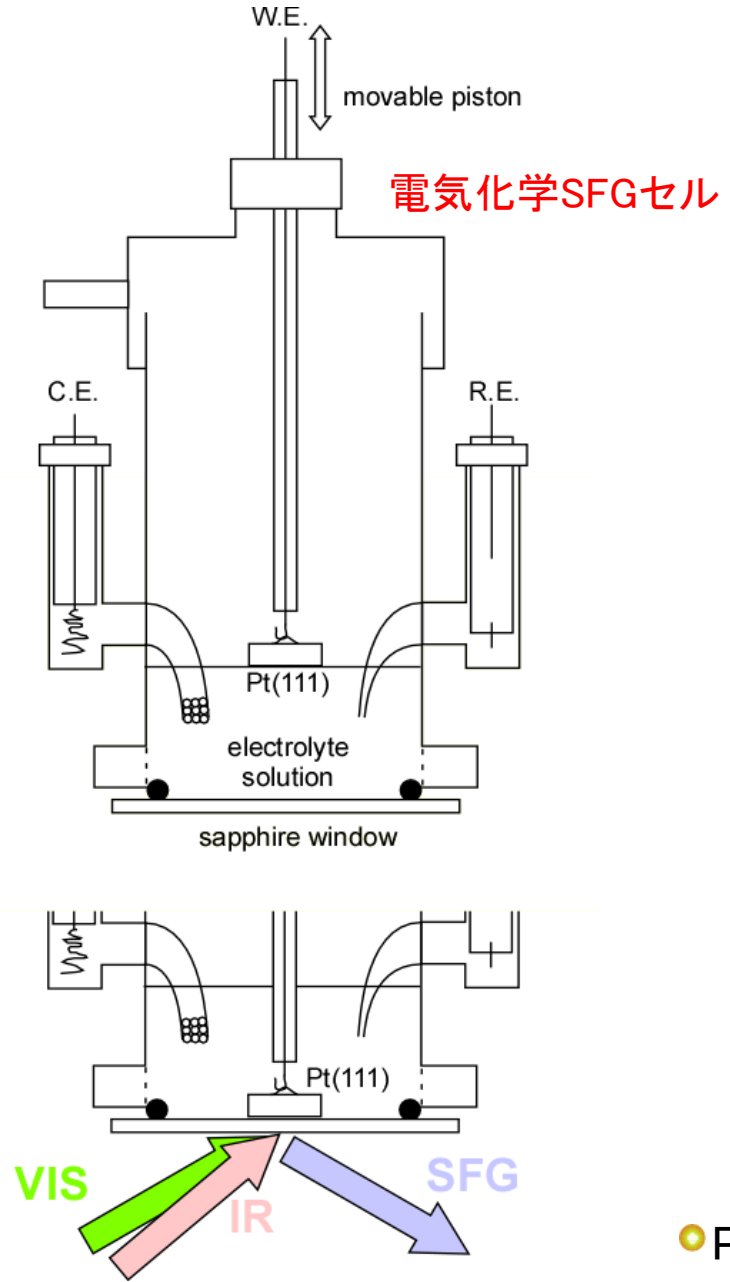
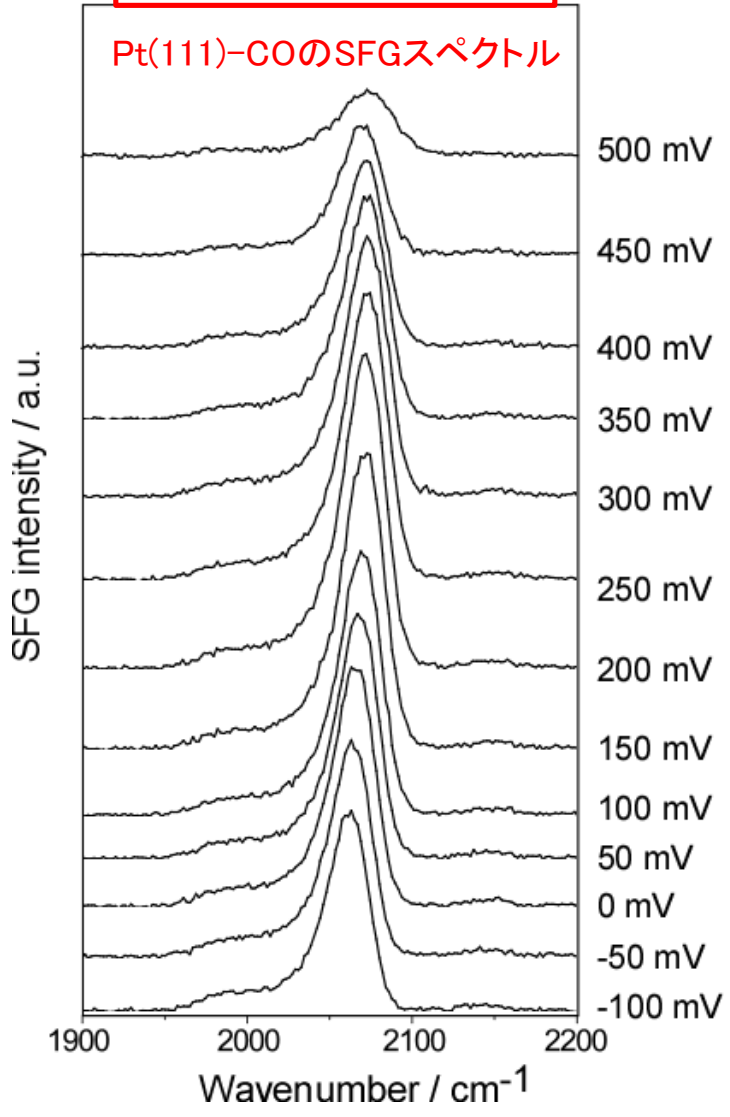


H. Noguchi

Pt(111)電極上に吸着したCOのSFGスペクトル

可視光波長 : 560 nm

Pt(111)-COのSFGスペクトル



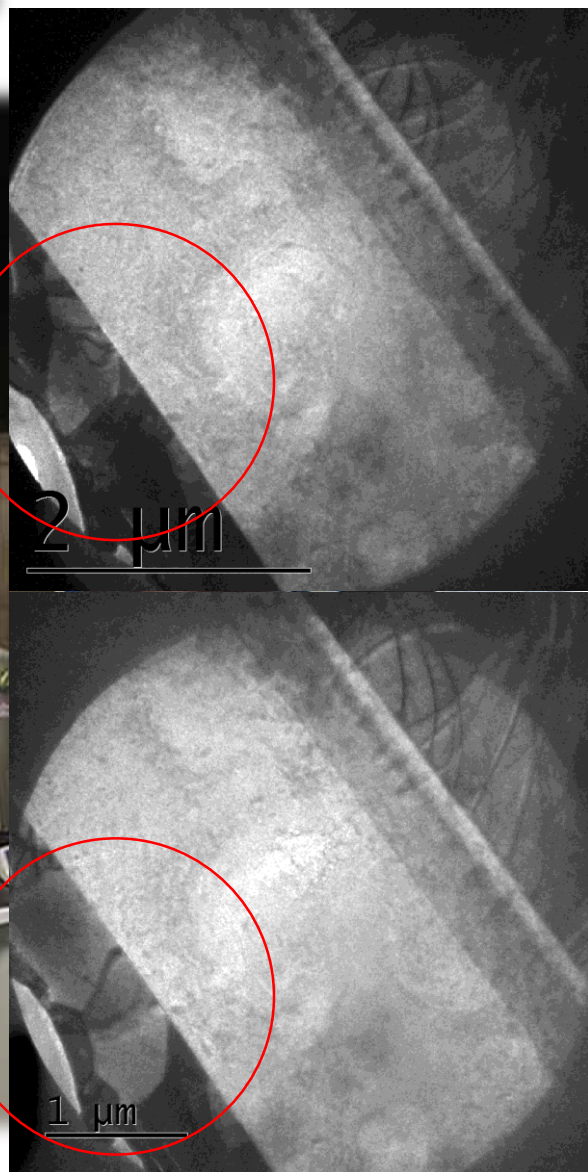
● Pt(111)上に吸着したCOのSFG強度:ある電位で増強



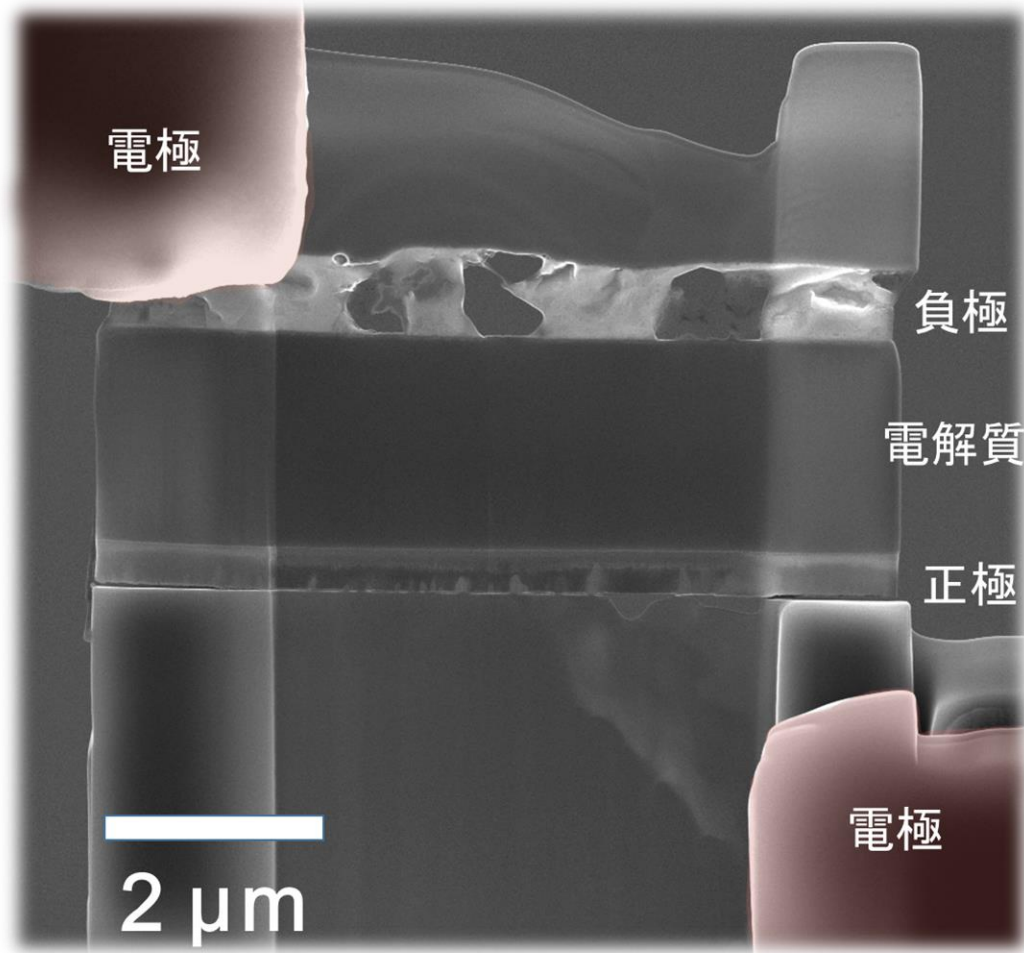
全固体2次電池のその場充放電観察による構造変化の観察

Mitsubishi & Dan

全固体電池の性能向上やサイクル劣化メカニズム
透過電子顕微鏡その場観察技術の開発



CV取得後の変化の例
負極材料の変化を動的に観察



FIBによって作製されたナノサイズ全固体2次電池の例

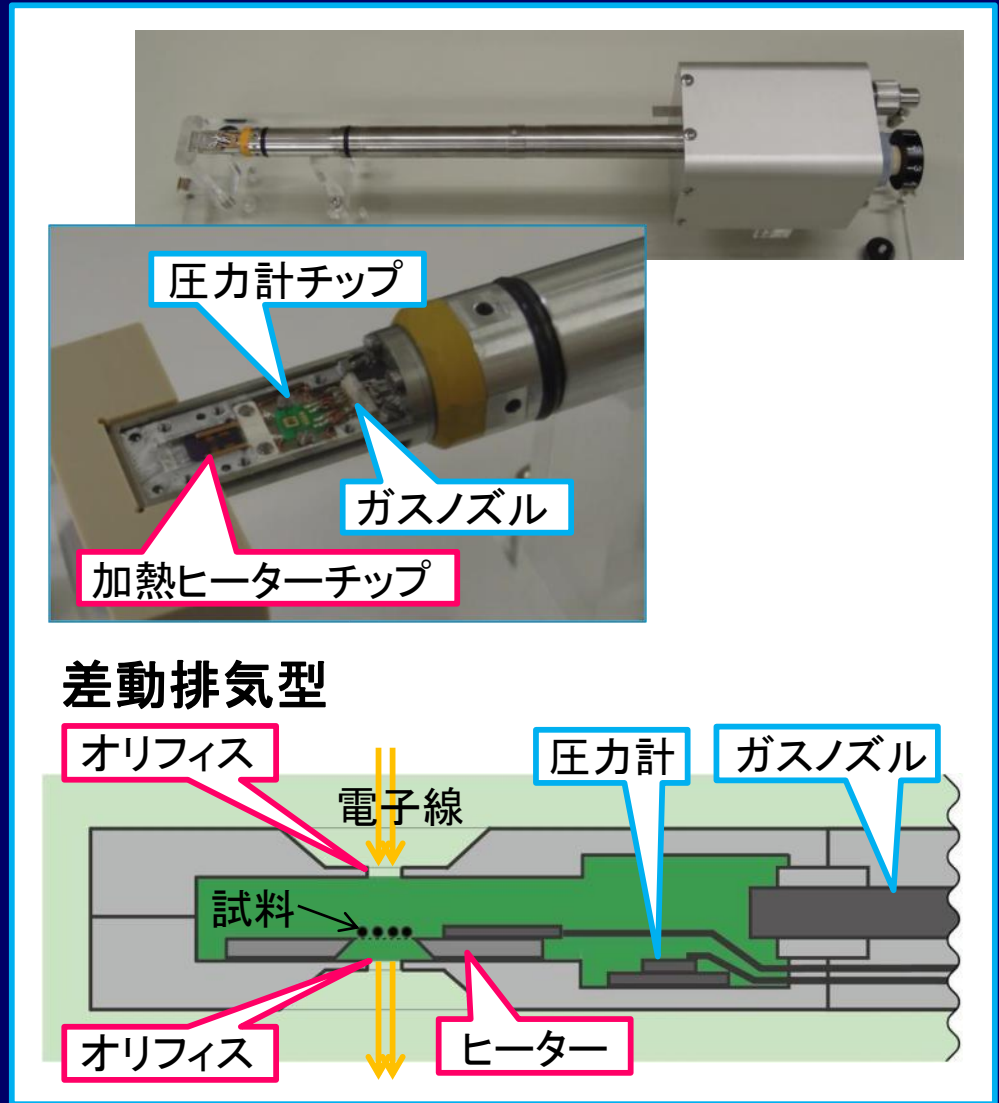
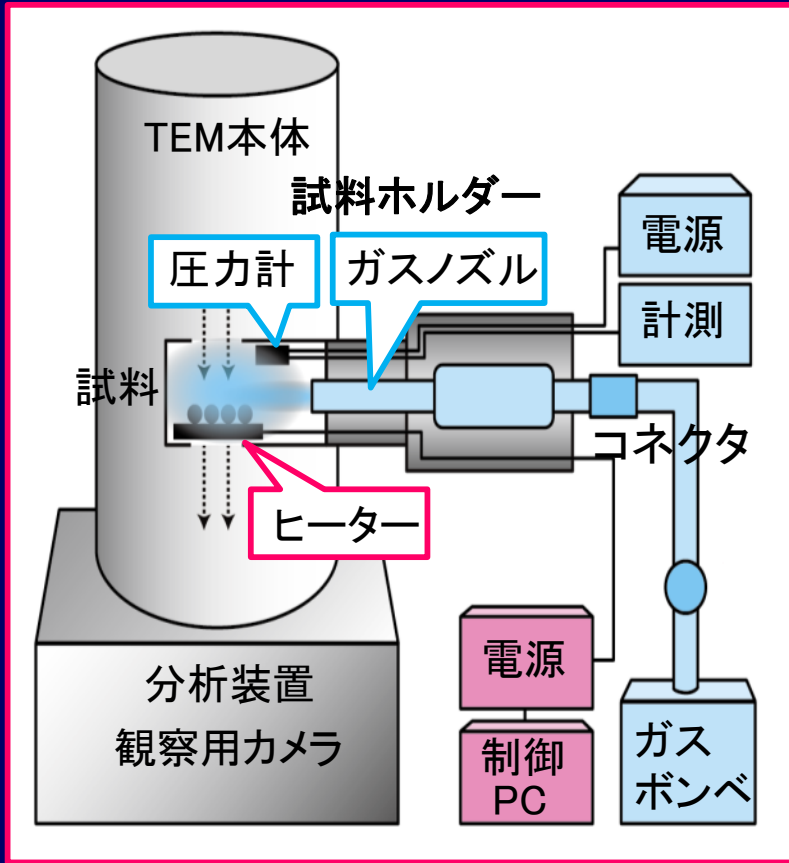
GREEN 全固体電池特別推進チームでの共同研究

触媒材料観察のためのシステムの開発



A. Hashimoto

■ ガス中加熱TEM試料ホルダーシステムの開発



触媒材料の触媒反応観察

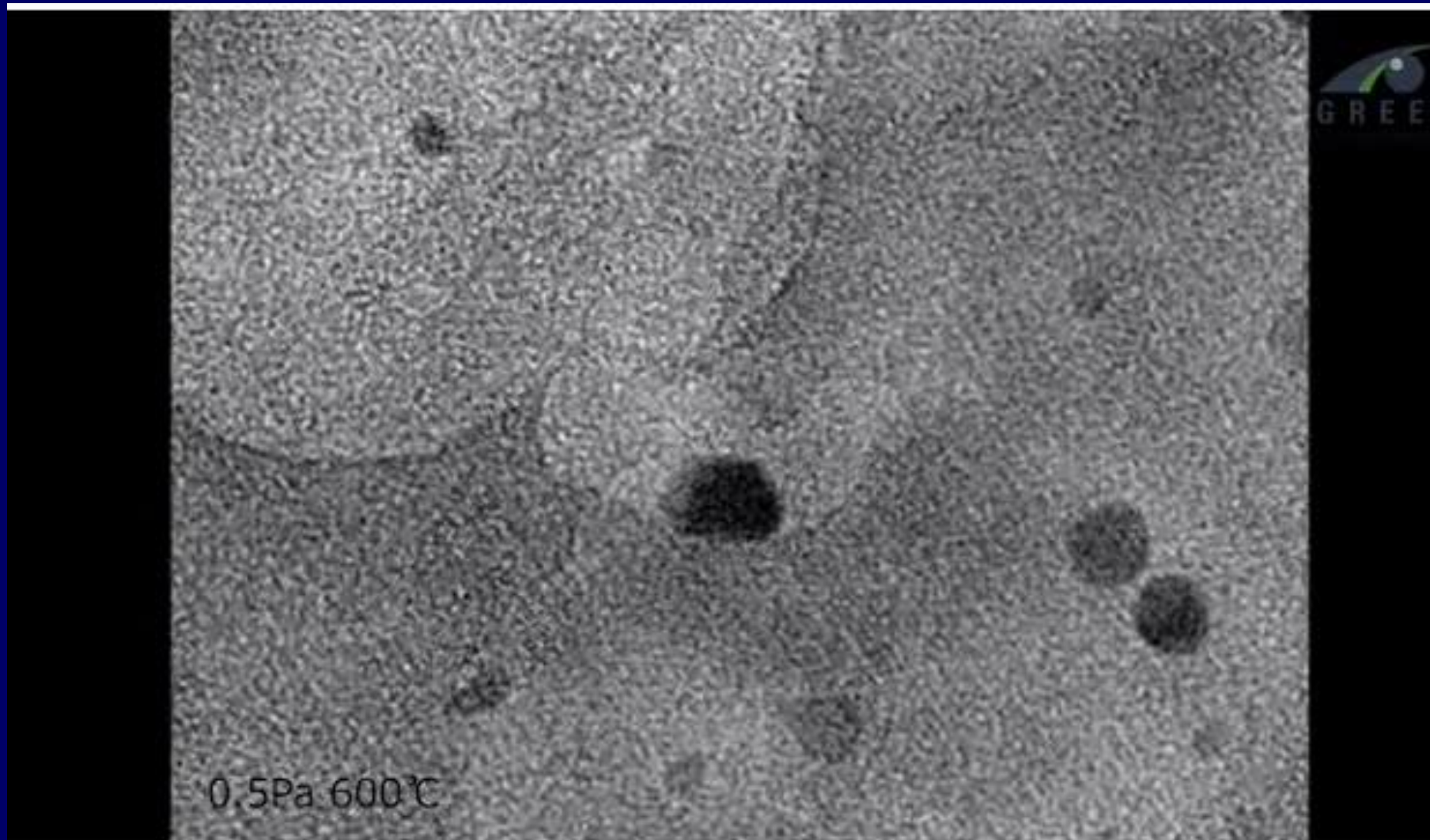
触媒材料のガス雰囲気加熱その場観察



A. Hashimoto

■ 白金粒子のチャネリング現象のその場観察

グラフェン層上に分散させた白金ナノ粒子

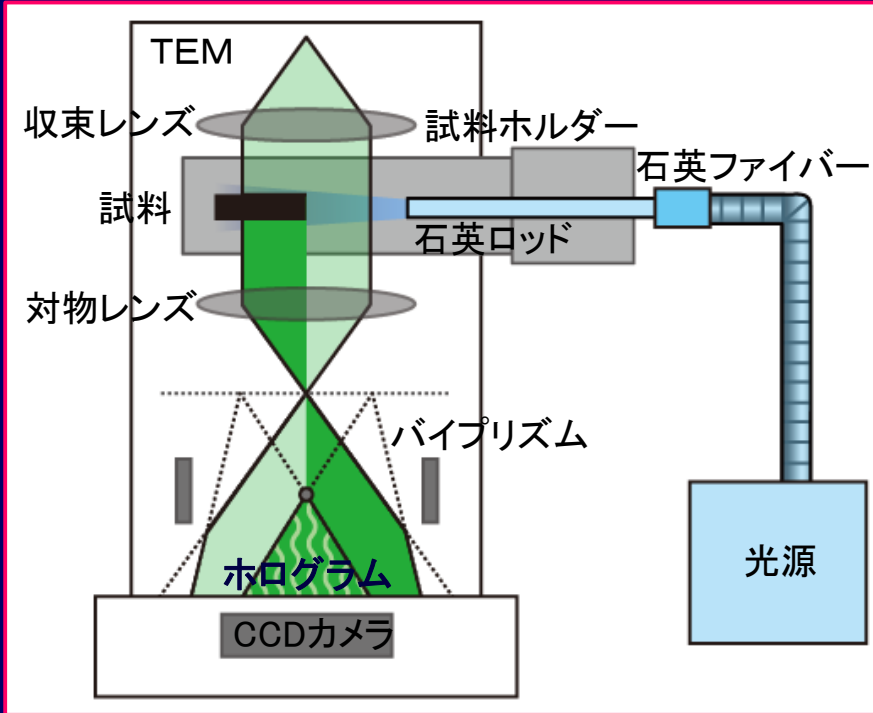


太陽光利用材料観察のためのシステム開発



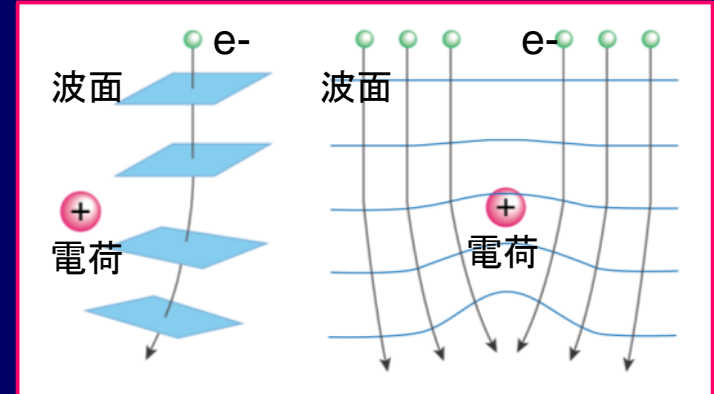
A. Hashimoto

■ 光照射その場観察システム



■ 電子線ホログラフィー

ホログラフィー
微小領域の電場や磁場の変化を観察



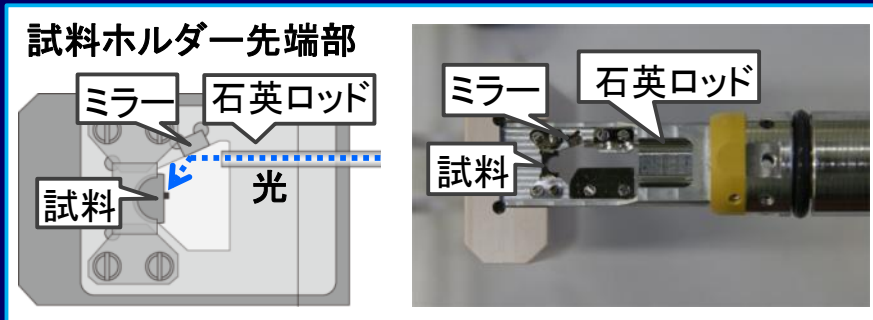
位相変化 ⇔ 電位分布

$$\theta(x) = C_E V_o t(x)$$

C_E : 定数

V_o : 内部ポテンシャル

t : 試料の厚さ



太陽光利用材料の電位分布解析

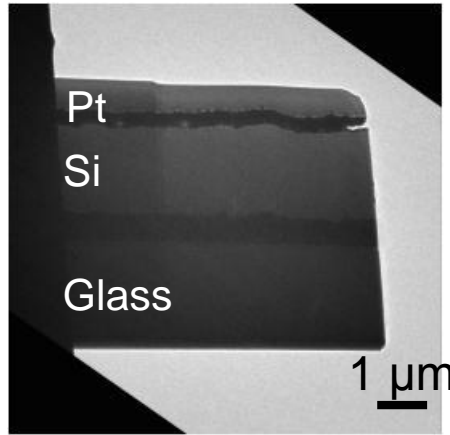
太陽光利用材料のその場観察



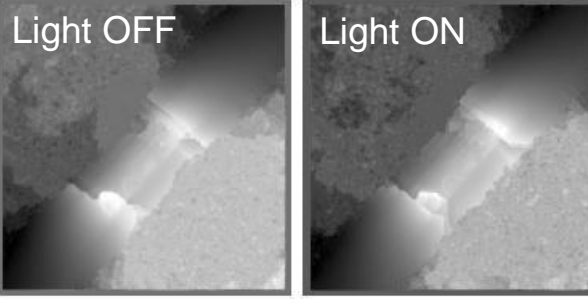
A. Hashimoto

■ 光照射下電子線ホログラフィー

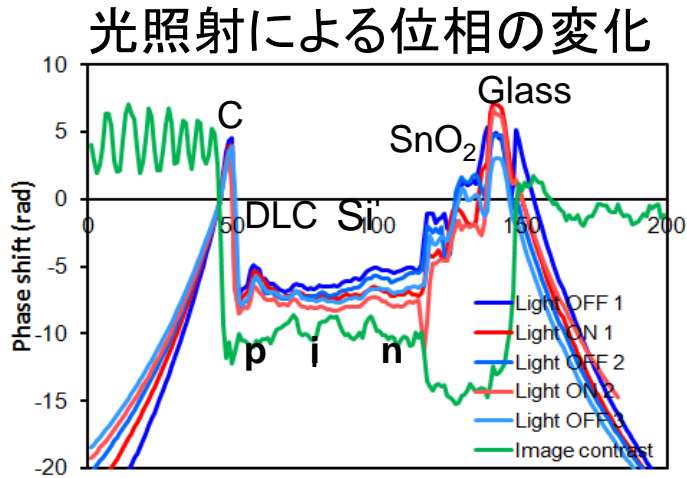
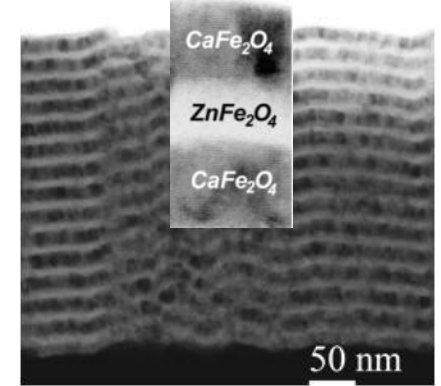
シリコン系太陽電池



位相像

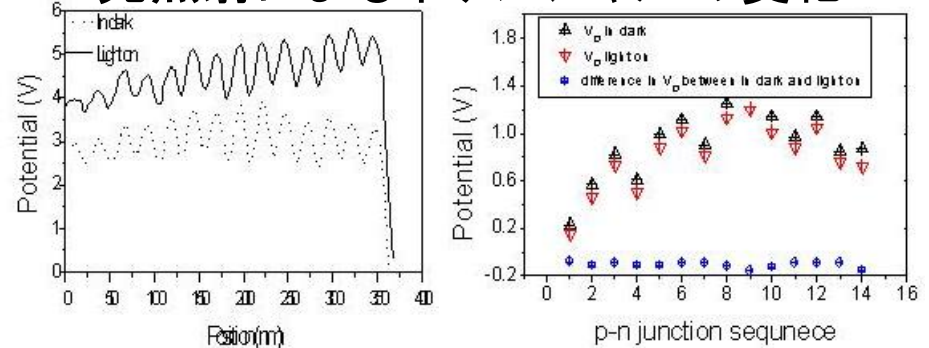


酸化物系太陽電池



A. Hashimoto et al. in preparation

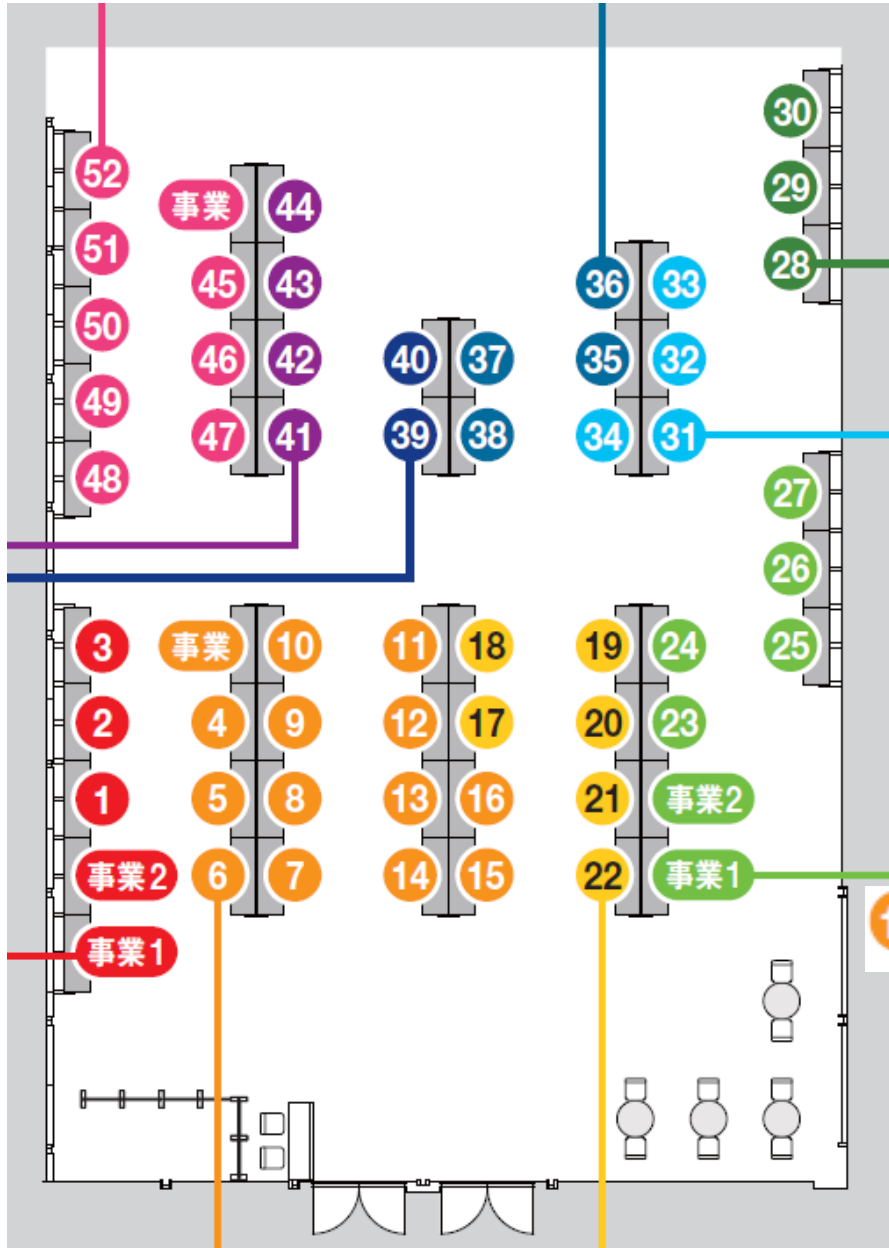
光照射によるポテンシャルの変化



J. Xing et al. Appl. Phys. Lett.

太陽電池の光電効果の測定に成功

まとめ SUMMARY



16 環境エネルギー材料の GREEN 表界面計測技術

エネルギー(発電・ストレージ)材料

ご清聴ありがとうございました。
THANK YOU for YOUR ATTENTION